

■ Revues générales

Comment évaluer une CIA en vue de sa fermeture ?

RÉSUMÉ : La fermeture percutanée des communications interauriculaires est le traitement de première intention des CIA *ostium secundum*, les CIA les plus fréquentes. Les résultats sont bons grâce à une évaluation anatomique et hémodynamique détaillée. Les contre-indications à la fermeture sont de nature hémodynamique (élévations des résistances artérielles pulmonaires et maladie du cœur gauche) ou anatomique (absence de rebord inférieur, CIA *ostium primum*, diamètre > 40 mm). Le bénéfice de la fermeture est obtenu, quel que soit l'âge. Le traitement de la CIA OS est classiquement proposé dès l'âge de 5-6 ans. L'échographie transthoracique permet le diagnostic de la CIA, l'évaluation anatomique et hémodynamique de la malformation. Chez l'adulte, une imagerie complémentaire est souvent nécessaire. L'IRM permet de quantifier le *shunt* et le scanner visualise les retours veineux pulmonaires. Avant la fermeture, l'étude hémodynamique peut être réalisée pour évaluer les pressions pulmonaires et la fonction diastolique du cœur gauche chez le patient âgé. Chez certains patients avec altération de la fonction diastolique, un test d'occlusion au ballon permet d'évaluer les répercussions hémodynamiques de la fermeture de la CIA. L'échographie transœsophagienne 3D permet une vue en face de la CIA. D'autres techniques comme l'échonavigateur peuvent faciliter la procédure. La fermeture percutanée des CIA *sinus venosus* est une alternative récente et prometteuse à la chirurgie.



**S. MALEKZADEH-MILANI,
R. N. HADDAD**

Laboratoire de cathétérisme cardiaque hémodynamique et interventionnel, Service de cardiologie congénitale et pédiatrique, M3C-Necker, Hôpital universitaire Necker-Enfants malades, Hôpital Européen Georges Pompidou, PARIS.

La fermeture par voie percutanée des communications interauriculaires de type *ostium secundum* (CIA OS) a été décrite pour la première fois par Kings et Mills en 1972, chez le chien. Avec le développement de la prothèse Amplatz dans les années 1990, la fermeture percutanée des CIA est devenue une procédure de routine. Depuis lors, les indications ont été élargies aux anatomies difficiles ou chez les enfants de petit poids. À l'heure actuelle, la fermeture par cathétérisme est considérée comme la procédure de choix. Certains patients doivent cependant être opérés et d'autres, rares, ne doivent pas avoir une fermeture de *shunt*.

Lors du diagnostic de CIA, il faut répondre à plusieurs questions :

- quelle est l'anatomie de la CIA ?

- la CIA peut-elle être fermée et/ou doit-elle être fermée ?
- quelle est la méthode de fermeture de la CIA ? Quels sont les patients chez qui la procédure peut être plus complexe ?

■ Quelle est l'anatomie de la CIA ?

Il existe différents types de CIA selon leur localisation dans le septum (CIA) [1] (*fig. 1*). Les CIA *ostium secundum*, les plus fréquentes, localisées dans la fosse ovale, les CIA *ostium primum*, contre les valves atrio-ventriculaires, les CIA *sinus venosus* (souvent associées à des anomalies du retour veineux pulmonaire) et les CIA du sinus coronaire (par déficience du toit de ce dernier). Seules les CIA *ostium secundum* et certaines CIA *sinus venosus* peuvent

Revue générale

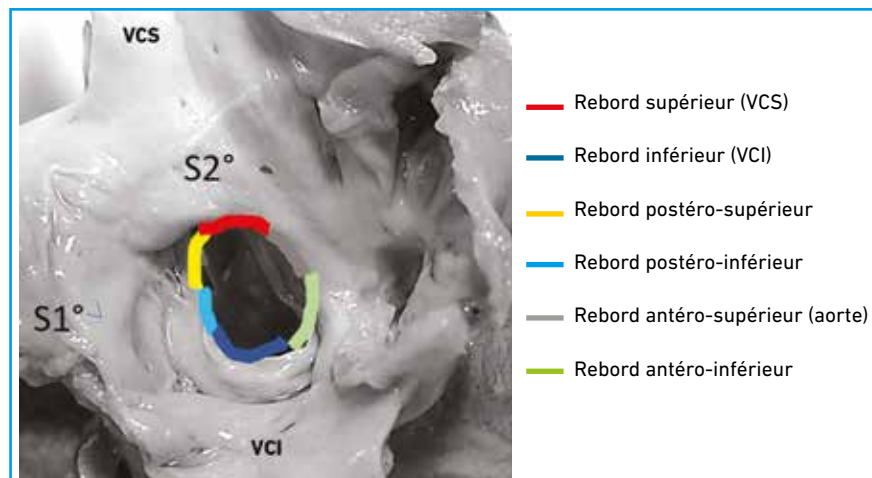


Fig. 1 : Diagramme des différentes berges de la CIA OS, vue à travers l'OD.

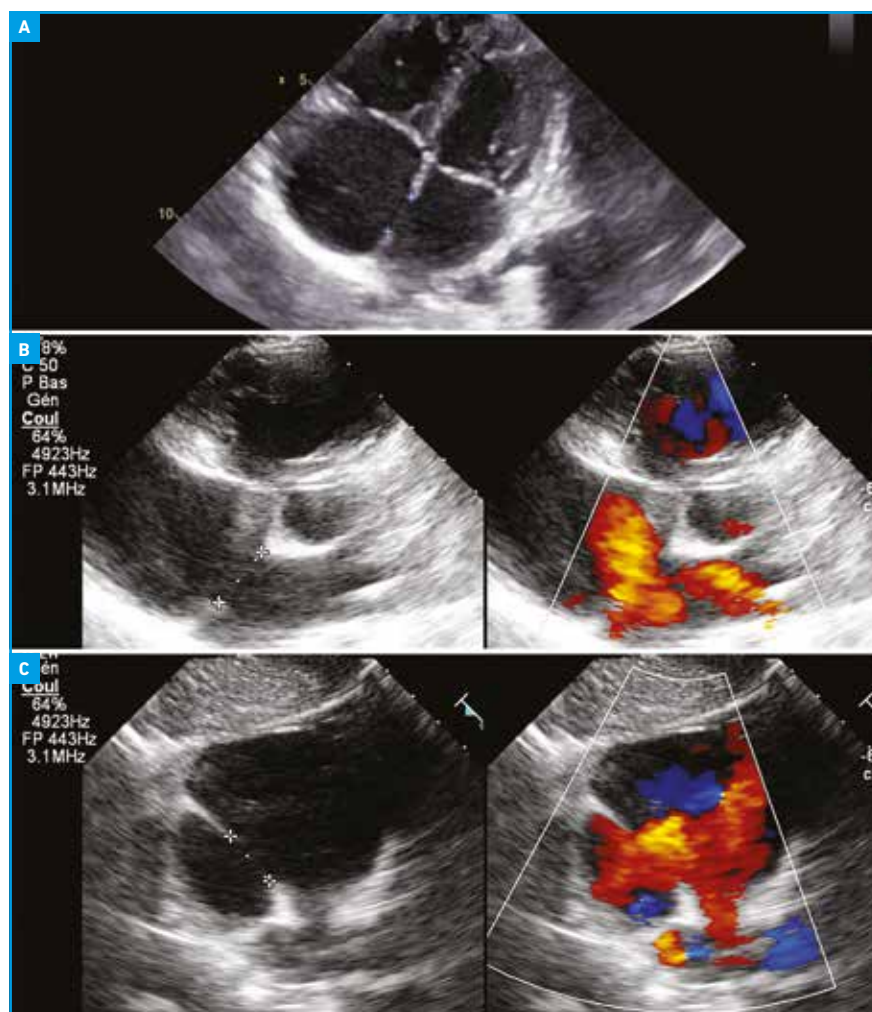


Fig. 2 : ETT. A : Vue 4 cavités ; B : Vue petit axe ; C : Vue sous-costale.

être fermées par cathétérisme [2-4]. Le septum interauriculaire (SIA) est une structure complexe, partiellement constituée de replis vers la paroi auriculaire, et en continuité avec de multiples structures : les veines caves, la veine pulmonaire droite, la racine aortique et le sinus coronaire. Les CIA OS sont de taille et de position variables et les défauts excentriques avec extension vers n'importe quelle berge peuvent exister. Les CIA multiples peuvent être de différents types et varient de trous distincts dans un SIA relativement solide à des défauts multifenestrés dans une structure mobile. Ces variables anatomiques doivent être connues avant de fermer la CIA car le choix de la prothèse variera en fonction de l'anatomie [5].

L'ETT (échographie transthoracique) est parfois suffisante pour évaluer l'anatomie, les différentes berges et la présence d'anomalies associées (drainage veineux pulmonaire anormal ou valvulopathie mitrale) mais dans certains cas, une imagerie additionnelle de type IRM ou scanner est nécessaire pour préciser les retours veineux pulmonaires anormaux.

Lors de l'ETT, trois coupes sont importantes pour l'évaluation de l'anatomie :
 – la 4 cavités qui permet d'exclure l'*ostium primum*, de visualiser le septum postérieur et les veines pulmonaires ;
 – le petit axe de l'aorte qui permet de voir la berge rétro aortique et le rebord postérieur ;
 – la coupe sous-costale qui permet d'évaluer les présences d'un rebord postéro-inférieur et d'une CIA de type *sinus venosus* supérieur (fig. 2).

Les contre-indications anatomiques à la fermeture percutanée des CIA incluent les défauts anatomiquement inadaptés à un dispositif, tels que ceux d'un diamètre supérieur à 40 mm ou dont les berges (surtout celle de la cave inférieure) sont absentes ou inadéquates (< 5 mm), sauf en rétro-aortique [6, 7].

Hormis les CIA larges (> 40 mm), il existe les CIA larges par rapport à la taille de l'OG (chez l'enfant) et les CIA avec *septum* mal aligné qui peuvent être des contre-indications anatomiques à la fermeture percutanée [7, 8].

Bien que les érosions cardiaques à distance de la procédure aient été décrites surtout dans les CIA sans berge rétro-aortiques et que les fabricants de prothèse déconseillent l'implantation dans ces cas de figure, l'absence de berge rétro-aortique n'est pas une CI en pratique [9].

La CIA doit-elle être fermée ? La CIA peut-elle être fermée ? [2]

L'amplitude du *shunt* est déterminée par la différence entre les compliances des deux ventricules. La compliance ventriculaire droite est inférieure à celle du ventricule gauche et, par conséquent, le *shunt* global se fait de gauche à droite avec comme résultante une dilatation du ventricule droit. Les anomalies de la fonction diastolique ventriculaire d'un des deux ventricules modifient la direction et l'amplitude du *shunt* auriculaire, ce qui explique en partie pourquoi les *shunts* atriaux peuvent augmenter avec l'âge secondairement à l'altération de la fonction diastolique du cœur gauche et que la présentation clinique varie également avec l'âge.

Bien qu'il y ait eu un débat sur la nécessité de la fermeture des CIA chez les personnes âgées, plusieurs études concluent au bénéfice de la fermeture, quel que soit l'âge [10, 11]. Les troubles du rythme atriaux sont rarement résolus à la fermeture du *shunt* mais les symptômes liés au *shunt* sont améliorés, l'hypertension pulmonaire régresse, le cœur droit est remodelé et l'insuffisance cardiaque droite clinique, si elle est présente, est plus facile à traiter médicalement.

Chez l'enfant, la fermeture de la CIA est réalisée au plus tôt vers le troisième anniversaire et plus généralement vers 15 kg, sauf si la situation clinique est atypique

(retard de croissance ou infections pulmonaires particulièrement fréquentes).

Il faut fermer toutes les CIA, indépendamment de leur taille si elles ont été responsables d'embolie paradoxale ou si un risque d'embolie paradoxale existe et si elles entraînent une cyanose, et que le *shunt* droit-gauche n'est pas nécessaire au maintien du débit cardiaque. En dehors de ces cas, il n'y a aucun bénéfice à la fermeture des petites CIA, non significatives hémodynamiquement [2].

Ici encore, l'échographie transthoracique a un rôle central en permettant d'évaluer les répercussions hémodynamiques du *shunt*, la fonction ventriculaire et les pressions pulmonaires. La dilatation du cœur droit à l'échographie signe le *shunt* hémodynamiquement significatif. Initialement, les indications de fermeture des *shunts* intracardiaques étaient basées sur les résultats de l'oxymétrie invasive, avec $Q_p/Q_s > 1,5/1$ considéré comme *shunt* significatif. Actuellement, les décisions de fermeture de CIA sont prises grâce à l'imagerie non invasive. Le Q_p/Q_s peut être calculé à l'échographie ou à l'IRM en mesurant des rapports de débits pulmonaires et systémiques relatifs. L'IRM permet de détailler les retours veineux pulmonaires et leur importance hémodynamique. L'évaluation d'un patient adulte avec CIA inclut une analyse complète de la fonction systolique et diastolique du ventricule gauche (VG). Une altération de la fonction peut être masquée par un *shunt* auriculaire et la fermeture de la CIA chez ces patients peut (rarement) précipiter un œdème pulmonaire [12]. Chez les personnes âgées (> 50 ans), il est important d'exclure et, si nécessaire, de traiter les anomalies/maladies coronariennes co-existantes.

L'évaluation hémodynamique reste nécessaire avant toute fermeture de la CIA dans deux cas de figure : les patients avec élévation des pressions pulmonaires et les patients âgés avec anomalie de la fonction gauche [2, 3, 12, 13].

L'ESC a établi des recommandations pour la prise en charge de ces patients [2, 14].

En cas d'élévation des pressions pulmonaires, les résistances vasculaires sont calculées au cathétérisme. Si les résistances sont inférieures à 5 UIW avec un $Q_p/Q_s > 1,5$, la CIA doit être fermée. Si les résistances sont supérieures à 5 UIW, un traitement par vasodilatateurs pulmonaires peut être administré avec réévaluation à distance. Si les résistances vasculaires pulmonaires baissent à moins de 5 UIW avec un $Q_p/Q_s > 1,5$, une fermeture par prothèse fenestrée peut être réalisée (niveau de preuve IIb), (stratégie dite de "*treat and close*") [2, 15].

Si les résistances restent élevées, la CIA ne doit/peut pas être fermée. En effet, il existe de rares patients qui ont une CIA et une HTAP dite illégitime. Ces patients sont parfois très jeunes et présentent le plus souvent une cyanose due à un *shunt* droite-gauche au niveau auriculaire et des signes cliniques évocateurs d'HTAP. Ils doivent être référés dans un centre expert d'hypertension artérielle pulmonaire pour un traitement adapté [14, 16].

Plusieurs critères permettent d'anticiper une compliance anormale du VG :

- âge > 60 ans ;
- hypertrophie ventriculaire gauche ;
- une physiologie restrictive à l'évaluation échocardiographique.

Comme évoqué plus haut, le *shunt* auriculaire a tendance à augmenter progressivement avec le temps en raison d'une diminution physiologique de la compliance du VG et/ou de maladies chroniques associées telles que la sténose valvulaire aortique, l'hypertension artérielle et la maladie coronarienne. Ces changements physiopathologiques peuvent entraîner une augmentation progressive du débit pulmonaire, une diminution relative de la précharge du VG et un décondi-

Revue générale

tionnement de ce dernier avec une élévation parfois modérée des pressions pulmonaires. Chez ces patients très symptomatiques, il a été montré que la fermeture de la CIA était le plus souvent très bénéfique entraînant un remodelage significatif des cavités cardiaques droite et gauche et une amélioration clinique. Cependant, chez certains, l'occlusion du *shunt* est mal tolérée avec augmentation brutale de la précharge du VG, augmentation des pressions télédiastoliques du VG, œdème pulmonaire et bas débit systémique. Il est donc capital d'identifier avant la fermeture du *shunt* les patients chez qui une fermeture est contre indiquée parce que délétère ou chez qui une fermeture partielle peut être envisagée. Ceci se fait par un test d'occlusion au ballon de 15 minutes de la CIA associé à une étude des pressions et de l'hémodynamique avant et après occlusion temporaire du *shunt*. Les données suivantes obtenues lors du test du ballonnet sont considérées comme des contre-indications relatives à la fermeture du *shunt*:

- une augmentation persistante de la pression télé-diastolique du VG (> 20 mm Hg et/ou augmentation > 50 % par rapport à la ligne de base);
- une diminution de la pression artérielle systémique jusqu'à 20 % par rapport aux valeurs de base;
- une apparition de signes d'œdème pulmonaire (nécessité d'une augmentation du pic de pression post-expiratoire pendant la ventilation mécanique ou une fatigue respiratoire chez les patients éveillés).

Chez les patients présentant des sténoses coronaires modérées, l'occlusion du ballon est maintenue plus longtemps, à la recherche de modifications ischémiques de l'ECG ou d'anomalies régionales systoliques/diastoliques du VG. Les pressions artérielles pulmonaires sont également évaluées pendant et après le test au ballon chez les sujets avec des valeurs de base élevées.

Ces patients peuvent bénéficier de diverses approches :

- une fermeture partielle de la CIA avec un dispositif fenestré;
- un essai de trois à cinq jours avec des anticongestifs par voie intraveineuse (diurétiques et IEC) ou essai de trois mois avec des médicaments oraux (diurétiques et IEC) suivi d'une nouvelle réévaluation des données hémodynamiques lors de l'occlusion par ballonnet de CIA. Dans le cas d'un profil hémodynamique limite amélioré mais persistant, une fermeture partielle de la CIA avec des dispositifs fenestrés devrait être recommandée;
- une contre-indication définitive à la fermeture du *shunt*.

Comment fermer la CIA ?

L'échographie transœsophagienne est le plus souvent utilisée durant la procédure, pour le choix de la prothèse (avec ou sans *sizing* au ballon) et pour guider le positionnement de la prothèse (**fig. 3**). L'imagerie 3D permet une vue en face de la prothèse et l'échonavigateur peut aider le cathétérisme lors du positionnement de la prothèse (**fig. 4 à 6**). De plus en plus, le choix de la prothèse se base sur l'imagerie per-procédurale avec mesure de la CIA dans deux ou trois plans avec et sans Doppler couleur, soit avec une ETO, soit une échocardiographie intracardiaque "ICE" dans deux plans perpendiculaires,

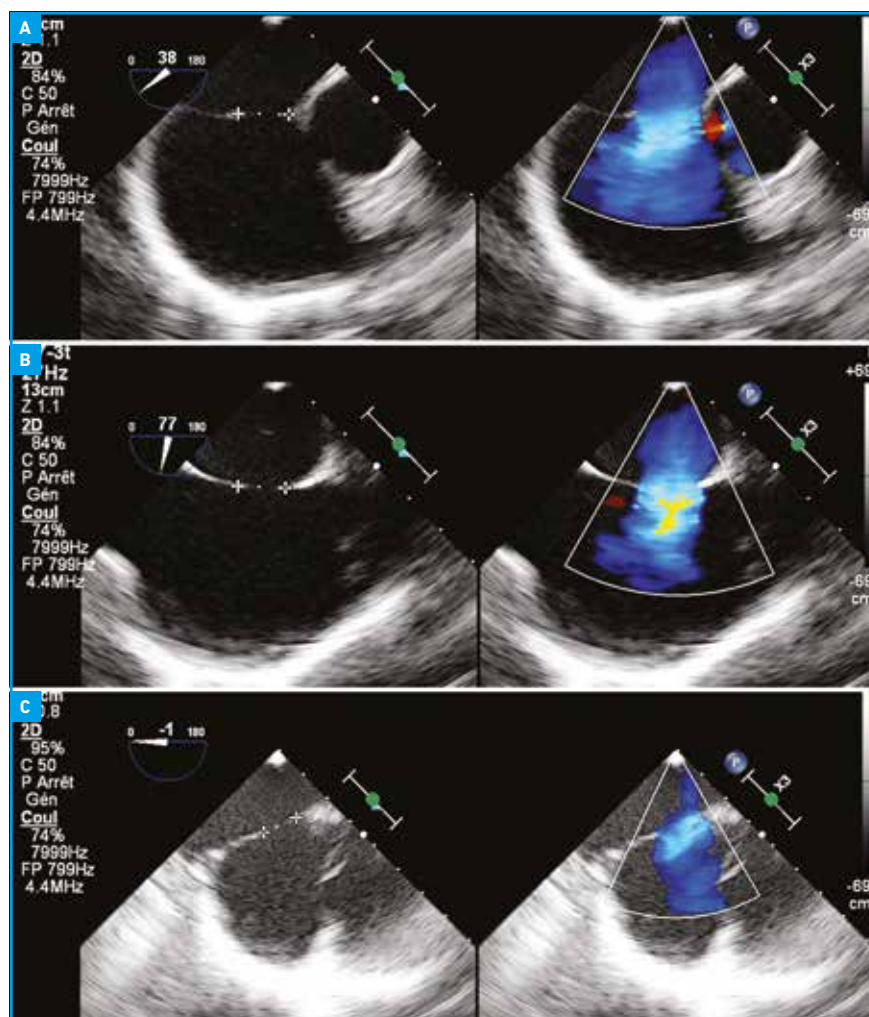


Fig. 3. A : 4 cavités ; B : coupe bi-cavale ; C : vue petit axe.

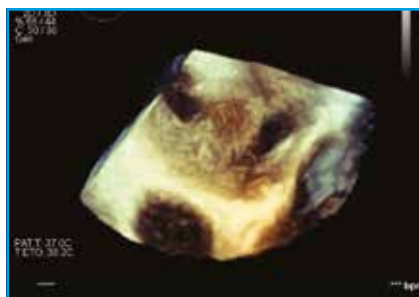


Fig. 4 : ETO, 3D. Vue en face du septum interatrial; 2 CIA distinctes.



Fig. 5 : Vue de l'oreillette gauche en ETO 3D qui montre deux trous de CIAs avec un guide qui passe à travers le defect principal.

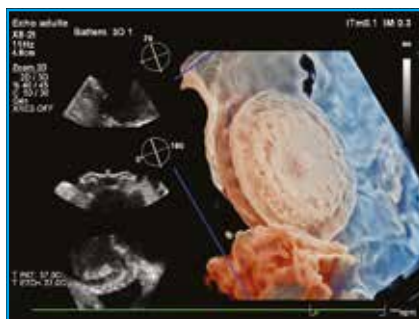


Fig. 6 : ETO 3D avec la modalité TrueVue qui montre une prothèse de CIA implantée.

en prenant le plus grand diamètre sur le flux Doppler couleur et en sélectionnant le dispositif en ajoutant 2 à 5 mm à la dimension échographique. Si la dimensionnement au ballon “balloon sizing” est utilisé, il est généralement effectué à l’aide de la technique du ballon statique. L’angle fluoroscopique doit être ajusté pour s’assurer que le ballon soit vraiment perpendiculaire au SIA et non raccourci. Des mesures angiographiques et échographiques simultanées (mesure échogra-

phique pendant le gonflement du ballon en utilisant le point auquel le flux de couleur est aboli, dite “stop-flow technique”) sont utilisées pour le choix de la prothèse.

En cas de CIA multiples, l’anatomie peut-être très variable. Dans certains cas plusieurs trous peuvent être traités avec une seule prothèse, en supposant que les bords de ces défauts soient proches les uns des autres et que l’un des défauts soit suffisamment petit. Dans d’autres cas, si le tissu séparant les différentes CIA est mince, il peut alors être possible de placer une prothèse surdimensionnée dans l’espoir que cette dernière transformera efficacement le défaut en un seul grand trou. Si les défauts sont distants de plus de 5 mm, alors généralement deux dispositifs d’occlusion sont nécessaires. Les CIA multi-fenestrées peuvent être également fermées à l’aide d’un dispositif non autocentrant (sans disque central). La clé de cette technique est de s’assurer que le cathéter traverse le défaut central afin qu’il y ait une couverture uniforme sur le reste du SIA. Il est important de contrôler soigneusement le reste du SIA une fois

POINTS FORTS

- Dans l’ensemble, la fermeture percutanée des CIA OS est le traitement de référence sous guidage échographique avec des résultats excellents.
- Les contre-indications à la fermeture percutanée sont rares : elles sont de type anatomique (taille de plus de 40 mm ou absence de rebord postéro-inférieur) et hémodynamique : hypertension artérielle pulmonaire et dysfonction diastolique du cœur gauche. Dans ces cas, la fermeture ne sera envisagée qu’après évaluation hémodynamique invasive et dans certaines conditions seulement.
- Un rebord de 5 mm pour l’ancrage de la prothèse dans toutes les zones est nécessaire, sauf pour le rebord rétro-aortique. Bien que l’absence de berge rétro-aortique ait été associée dans certaines études comme facteur de risque d’érosion, ceci reste controversé et pour la plupart des opérateurs, cela ne constitue pas une contre-indication.
- La fermeture percutanée se présente comme une alternative prometteuse à la chirurgie dans la fermeture des CIA *sinus venosus* supérieure.

le dispositif mis en place car parfois l’occlusion du *shunt* principal “révèle” un autre défaut qui peut nécessiter l’insertion d’un dispositif supplémentaire [5].

Chez les petits enfants, la taille du cœur est le facteur limitant pour la taille de la prothèse. Bien qu’il existe des données publiées démontrant que les CIA peuvent être fermées par voie percutanée chez les enfants dès 4 kg, la littérature reste limitée. Les limites “sûres” de la fermeture percutanée des CIA chez les très jeunes et les petits restent floues. Le risque d’un bloc auriculo-ventriculaire (BAV) est sans aucun doute plus élevé dans les petits cœurs et la récupération des dispositifs embolisés chez les petits patients peut être un défi. Ces questions doivent être gardées à l’esprit et discutées avec les parents avant une procédure en gardant à l’esprit que l’alternative chirurgicale est dénuée de risque [8, 9, 17].

80 % des CIA sont diagnostiquées à l’âge adulte, parfois très tardivement. Chez les patients âgés, après une évaluation

Revue générale

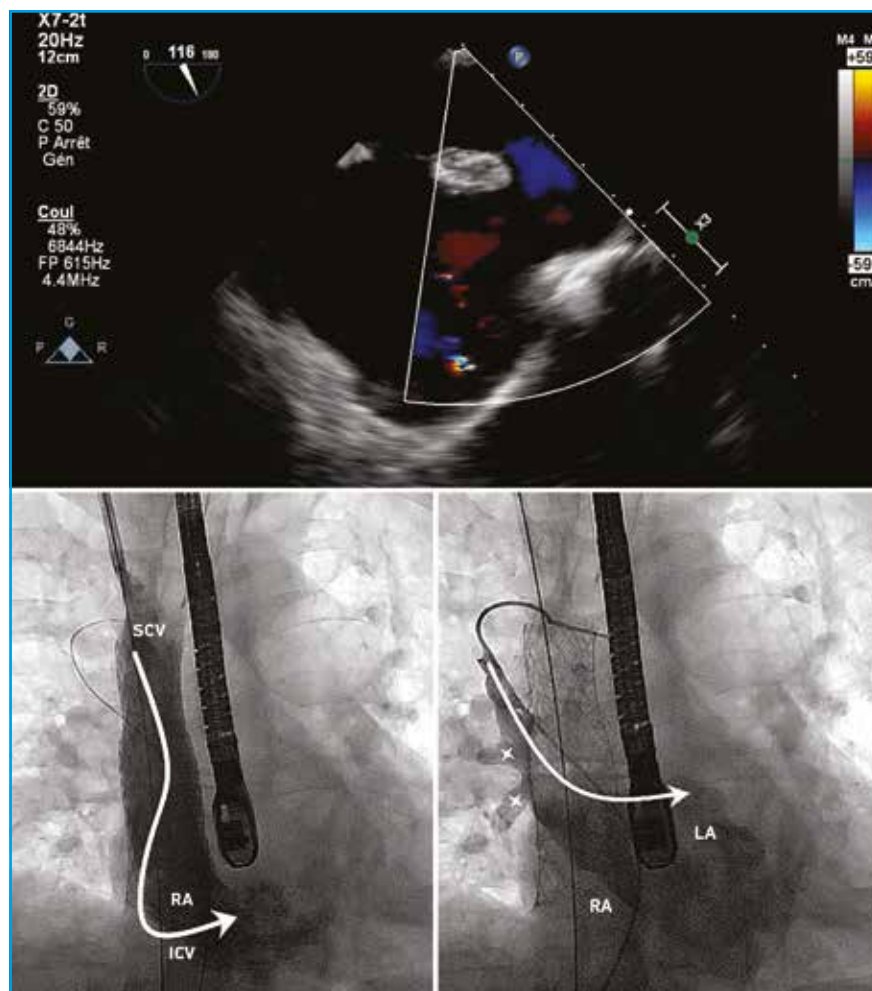


Fig. 7 : ETO : CIA sinus venosus ; angiographie : correction de la CIA sinus venosus avec mise d'un stent couvert long.

hémodynamique fine et un test au ballon, on décidera de fermer ou pas la CIA. Chez les patients avec *shunt* significatif et RVP inférieures à 5 mais dysfonction diastolique du VG, la CIA pourra être fermée par un dispositif fenestré. Dans tous les cas, les patients seront surveillés dans les jours qui suivent la procédure avec administration de diurétiques si nécessaire. Chez les patients atteints de fibrillation auriculaire chronique, la fermeture percutanée de la CIA peut être suivie d'une conversion en choc et d'un traitement anti-arythmique prophylactique, en espérant qu'un remodelage auriculaire favorable à long terme puisse maintenir le rythme sinusal au cours du suivi à long terme.

Fermeture percutanée des CIA type sinus venosus (fig. 7)

Depuis peu, certains types de CIA de type *sinus venosus* peuvent être fermés par voie endovasculaire [4, 18]. Avant toute fermeture, il faut s'assurer que les résistances vasculaires pulmonaires sont basses et faire également attention à la fonction diastolique du cœur gauche, en cas de diagnostic tardif. La technique consiste en l'implantation d'un stent couvert dans la jonction VCS-OD visant à rediriger le drainage du retour veineux pulmonaire anormal dans l'OG tout en fermant la CIA (fig. 3). La faisabilité de l'intervention doit être évaluée, en amont, par reconstruction 3D de la CIA

à partir des données du scanner et/ou de l'IRM puis *sizing* et implantation du stent *ex vivo* sur modèle printing 3D ou sur modèle 3D virtuel en analysant en particulier le flux redirigé du retour veineux pulmonaire anormal. Le nombre de patients ayant bénéficié de cette procédure est limité et la plus grande série à l'heure actuelle est de 50 malades. Le *follow-up* à moyen terme est encourageant avec remodeling du ventricule droit et absence de complications tardives. La mise en place de registres visant à définir les meilleures techniques et stents à implanter ainsi que le suivi à moyen terme est important pour cette population rare.

Le futur

Il existe maintenant des prothèses résorbables. Elles ont l'intérêt potentiel de ne pas contenir de nickel, un métal potentiellement allergisant, de ne pas être responsables d'érosion tardive ou de troubles du rythme tardifs. De tels dispositifs sont actuellement à l'étude [19].

Les prothèses fenestrées font également partie d'un nouvel arsenal thérapeutique. Leur utilisation chez les patients ayant une CIA et une dysfonction diastolique du cœur gauche est à l'étude, ainsi que chez les patients avec HTAP et CIA [20].

BIBLIOGRAPHIE

1. AMIN Z. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2006;68:778-787.
2. BAUMGARTNER H, DE BACKER J, BABU-NARAYAN S *et al*. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease. *Eur Heart J*, 2021;42:563-645.
3. FELTES TF, BACHA E, BEEKMAN RH *et al*. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2011;123:2607-2652.
4. ROSENTHAL E, QURESHI SA, JONES M *et al*. Correction of *sinus venosus* atrial sep-

- tal defects with the 10 zig covered Cheatham-platinum stent - An international registry. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021;98:128-136.
5. BUTERA G, ROMAGNOLI E, SALIBA Z *et al*. Percutaneous closure of multiple defects of the atrial septum: procedural results and long-term follow-up. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2010;76: 121-128.
 6. FRAISSE A, TRIVEDI KR. Transcatheter closure of atrial septal defects: how large is too large? *Cardiovasc Diagn Ther*, 2014;4:213-214.
 7. OSTERMAYER SH, SRIVASTAVA S, DOUCETTE JT *et al*. Malattached septum primum and deficient septal rim predict unsuccessful transcatheter closure of atrial communications. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015;86:1195-1203.
 8. JALAL Z, HASCOËT S, GRONIER C *et al*. Long-Term Outcomes After Percutaneous Closure of *Ostium secundum* Atrial Septal Defect in the Young: A Nationwide Cohort Study. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018;11:795-804.
 9. O'BYRNE ML, LEVI DS. State-of-the-Art Atrial Septal Defect Closure Devices for Congenital Heart. *Interv Cardiol Clin*, 2019;8:11-21.
 10. TAKAYA Y, AKAGI T, KIJIMA Y *et al*. Long-term outcome after transcatheter closure of atrial septal defect in older patients: impact of age at procedure. *JACC Cardiovasc Interv*, 2015;8:600-606.
 11. HARJULA A, KUPARI M, KYÖSOLA K *et al*. Early and late results of surgery for atrial septal defect in patients aged over 60 years. *J Cardiovasc Surg* (Torino), 1988;29:134-139.
 12. EWERT P, BERGER F, NAGDYMAN N *et al*. Masked left ventricular restriction in elderly patients with atrial septal defects: a contraindication for closure? *Catheter Cardiovasc Interv*, 2001; 52:177-180.
 13. HUMENBERGER M, ROSENHEK R, GABRIEL H *et al*. Benefit of atrial septal defect closure in adults: impact of age. *Eur Heart J*, 2011;32:553-560.
 14. GALIE N, HUMBERT M, VACHIER Y *et al*. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J*, 2016;37:67-119.
 15. KIJIMA Y, AKAGI T, TAKAYA Y *et al*. Treat and Repair Strategy in Patients With Atrial Septal Defect and Significant Pulmonary Arterial Hypertension. *Circ J*, 2016;80:227-234.
 16. CAPEL A, LÉVY M, SZEZEPANSKI I *et al*. Potts anastomosis in children with severe pulmonary arterial hypertension and atrial septal defect. *ESC Heart Fail*, 2021;8:326-332.
 17. TANGHÖJ G, ODERMARSKY M, NAUMBURG E *et al*. Early Complications After Percutaneous Closure of Atrial Septal Defect in Infants with Procedural Weight Less than 15 kg. *Pediatr Cardiol*, 2017;38:255-263.
 18. HADDAD RN, BONNET D, GEWILLIG M *et al*. Modified safety techniques for transcatheter repair of superior *sinus venosus* defects with partial anomalous pulmonary venous drainage using a 100-mm Optimus-CVS covered XXL stent. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2022; 99:1558-1562.
 19. SIEVERT K, BERTOG S, SÖDERBERG B *et al*. Transcatheter closure of atrial septal defect and patent foramen ovale with Carag bioresorbable septal occluder: first-in-man experience with 24-month follow-up. *EuroIntervention*, 2022;17:1536-1537.
 20. ABDELKARIM A, LEVI DS, TRAN B *et al*. Fenestrated Transcatheter ASD Closure in Adults with Diastolic Dysfunction and/or Pulmonary Hypertension: Case Series and Review of the Literature. *Congenit Heart Dis*, 2016;11:663-671.

Sophie Malekzadeh-Milani est consultante pour la compagnie Abbott Vascular depuis 2019. Raymond N. Haddad n'a pas déclaré de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.